

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**В.М. Ковальов**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ**

### **« РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА »**

**(для студентів 4 курсу денної та 4,5 курсів заочної форм навчання  
спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання»  
та 6.050701 – « Електротехніка та електротехнології »)**

**ХАРКІВ – ХНАМГ – 2008**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Релейний захист та автоматика» (для студентів 4 курсу денної та 4,5 курсів заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання» та 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології») / Укл.: Ковальов В.М. – Харків: ХНАМГ, 2008 – 43 с.

Укладач: В.М. Ковальов

Рецензент: В.М. Гаряжа

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст, протокол № 7 від 3.07.08 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
1. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	4
2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	8
2.1. Методика виконання розділу «Розрахунок струмових режимів».....	8
2.2. Методика виконання розділу «Розрахунок релейних захистів».....	9
2.3. Методика виконання розділу «Розробка схем релейних захистів».....	10
3. КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ на тему «Диференціальний захист трансформатора на реле РНТ-565».....	12
3.1. Розрахунок струмових режимів трансформатора.....	12
3.2. Розрахунок релейних захистів. ....	17
3.3. Розробка електричної схеми релейних захистів.....	27
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	30
ДОДАТОК А. Довідкові дані для виконання курсової роботи .....	31

## 1. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Мета курсової роботи з дисципліни “Релейний захист та автоматика (РЗА)” – систематизація та поглиблення теоретичних і практичних знань для студентів з дисципліни РЗА, розвиток їх аналітичного і творчого мислення, отримання практичних навичок з проектування та розробки схем РЗА.

Зміст курсової роботи полягає в тому, що для одного з елементів системи електропостачання, схема якої показана на рис.1, необхідно розрахувати згідно із заданим варіанту один тип релейного захисту й розробити його електричну схему.

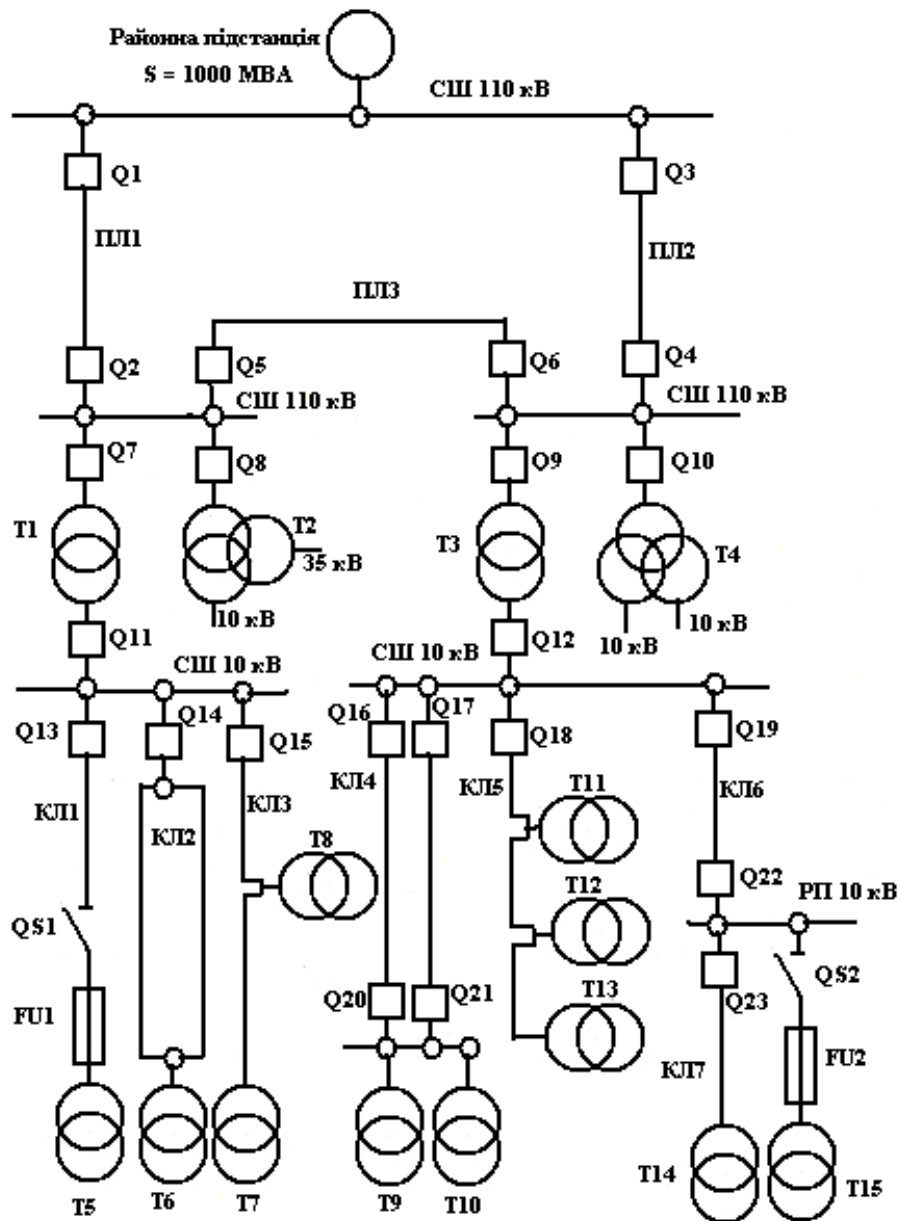


Рис. 1.1 – Схема електропостачання промислового району

Параметри ліній і трансформаторів схеми електропостачання наведені в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Параметри ліній схеми електропостачання

Номери ліній Назва параметрів	ПЛ1	ПЛ2	ПЛ3	КЛ1	КЛ2	КЛ3	КЛ4	КЛ5	КЛ6	КЛ7
Довжина ліній, км	35	40	45	2,5	4,5	3,6	7,8	5,8	2,8	3,1
Прийнятий переріз, мм <sup>2</sup>	120	150	185	70	50	95	50	95	185	120
Питомий активний опір, Ом/км	0,249	0,198	0,162	0,46	0,64	0,34	0,64	0,34	0,17	0,27
Питомий реактивний опір, Ом/км	0,427	0,42	0,413	0,086	0,09	0,083	0,09	0,083	0,077	0,081
Питомий реактивний опір нульової послідовності, Ом/км	1,28	1,26	1,24	-	-	-	-	-	-	-
Питомий ємнісний струм, А/км	-	-	-	0,9	0,77	1	0,77	1	1,4	1,1

Таблиця 2 – Параметри трансформаторів схеми електропостачання

Номери транс- рів Назва параметрів	T1	T2	T3	T4	T5- T8	T9- T13	T14- T15
Напруга обмоток, кВ	110/10	110/35/10	110/10	110/10	10/0,4	10/0,4	10/0,4
Номінальна потужність, кВА	10000	40000	16000	25000	1600	1000	2500
Напруга короткого замикання, %	5,5%	U <sub>B-C</sub> =10% U <sub>B-H</sub> =17% U <sub>C-H</sub> =6%	10,5%	10,5	5,5%	5,5%	5,5 %
Втрати короткого замикання, кВт	60	230	85	120	14,2	12,2	37
Термічна стійкість, сек	3	3	3	3	3	3	3

Перелік 50 варіантів завдань курсової роботи наведений в табл. 3. Номер свого варіанта студент визначає самостійно за двома останніми цифрами

номеру залікової книжки. Якщо визначений таким чином номер варіанта перевищує число 50, то від нього віднімають число 50 і таким чином отримують номер свого варіанта. Якщо передостання цифра номеру залікової книжки “нуль”, то номер варіанта визначають за останньою цифрою.

Таблиця 3- Перелік варіантів завдань для курсової роботи

Номер варіанту завдання	Найменування теми курсової роботи
1	Двоступеневий струмовий захист повітряної лінії ПЛ1
2	Двоступеневий струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ1
3	Напрявлений струмовий захист повітряної лінії ПЛ1
4	Напрявлений струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ1
5	Триступеневий струмовий захист повітряної лінії ПЛ1
6	Триступеневий струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ1
7	Двоступеневий дистанційний захист повітряної лінії ПЛ1
8	Триступеневий дистанційний захист повітряної лінії ПЛ1
9	Максимальний струмовий захист трансформатора Т1
10	Диференціальний захист трансформатора Т1 на реле РНТ-565
11	Диференціальний захист трансформатора Т1 на реле ДЗТ-11
12	Захист нульової послідовності трансформатора Т1
13	Двоступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ1
14	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ1
15	Двоступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ2
16	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ2
17	Поперечний струмовий диференціальний захист кабельної лінії КЛ2
19	Двоступеневий струмовий захист магістральної кабельної лінії КЛ3
20	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ3
21	Поперечний напрямлений диференціальний захист лінії КЛ4
22	Двоступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ4
23	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ4
24	Двоступеневий струмовий захист магістральної кабельної лінії КЛ5
25	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ5
26	Двоступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ6
27	Триступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ6
28	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ6
29	Диференціальний захист трансформатора Т2 на реле РНТ-565
30	Диференціальний захист трансформатора Т2 на реле ДЗТ-11
31	Диференціальний захист трансформатора Т3 на реле РНТ-565
32	Диференціальний захист трансформатора Т3 на реле ДЗТ-11
33	Диференціальний захист трансформатора Т4 на реле РНТ-565
34	Диференціальний захист трансформатора Т4 на реле ДЗТ-11

35	Двоступеневий струмовий захист повітряної лінії ПЛ2
36	Двоступеневий струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ2
37	Напрямлений струмовий захист повітряної лінії ПЛ2
38	Напрямлений струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ2
39	Триступеневий струмовий захист повітряної лінії ПЛ2
40	Триступеневий струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ2
41	Двоступеневий дистанційний захист повітряної лінії ПЛ2
42	Триступеневий дистанційний захист повітряної лінії ПЛ2
43	Максимальний струмовий захист трансформатора Т3
44	Максимальний струмовий захист трансформатора Т2
45	Максимальний струмовий захист повітряної лінії ПЛ3
46	Дистанційний захист повітряної лінії ПЛ3
47	Струмовий захист нульової послідовності лінії ПЛ3
48	Максимальний струмовий захист трансформатора Т4
49	Двоступеневий струмовий захист кабельної лінії КЛ7
50	Струмовий захист нульової послідовності кабельної лінії КЛ7

Курсову роботу оформляють у формі пояснювальної записки виконаної на 10-15 аркушах білого паперу формату 210x297 мм. Креслення принципової електричної схеми релейного захисту виконують на аркушах А4 записки (допускається на форматі А3), виконане олівцем, кульковою ручкою або графічним редактором на комп'ютері згідно з вимогами відповідних стандартів. Курсова робота повинна складатися з таких розділів:

- 1) розрахунок струмових режимів лінії або трансформатора;
- 2) розрахунок релейного захисту лінії або трансформатора;
- 3) розробка електричної схеми релейного захисту.

Загальна методика виконання кожного з розділів курсової роботи наведена нижче. При виконанні курсової роботи студент самостійно приймає технічні рішення, відповідає за правильність розрахунків уставок спрацьовування, коефіцієнта чутливості та зони селективності, самостійно розробляє принципову електричну схему захисту, використовуючи ці методичні вказівки, спеціальну літературу, список якої наведений в кінці вказівок та конспект лекцій з РЗА. Роль керівника полягає у формуванні загальних рекомендацій до вирішення тих чи інших питань що виникають у процесі виконання роботи, у тому числі рекомендацій щодо відповідної літератури. При цьому керівник не перевіряє правильність розрахунків у процесі виконання курсової роботи.

Порядок перевірки й захисту курсової роботи полягає в наступному. Виконану курсову роботу студент здає керівникові на перевірку правильності розрахунків та прийнятих рішень. При правильному виконанні студент захищає курсову роботу перед керівником, тобто коротко доповідає про порядок

розрахунків, розповідає про принцип роботи схеми і відповідає на запитання керівника. Якщо курсова робота виконана невірно, то керівник повертає її студенту для виправлення помилок.

Критерії оцінки, що виставляються студентам за виконання та захист курсової роботи: ВІДМІННО – курсова робота виконана в повному обсязі з правильними розрахунками і описом принципу дії схеми, креслення якої виконано без помилок і за вимогами стандартів; студент вільно відповідає на всі запитання щодо порядку й методів розрахунку та вільно орієнтується в схемі; ДОБРЕ – курсова робота виконана не в повному обсязі з правильними розрахунками, мають місце незначні відхилення від стандартів, відповіді студента на запитання не є повними; ЗАДОВІЛЬНО – курсова робота виконана з помилками в розрахунках, що були знайдені керівником у процесі її перевірки і виправлені студентом, відповіді студента на запитання є неточними або мають загальний характер.

У додатку А наведено форма титульного листа та основні довідкові дані для виконання курсової роботи, але, якщо деяких даних немає, то необхідно звернутися до відповідної літератури.

## 2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ КУРСОВОЇ РОБОТИ

### 2.1. Методика виконання розділу «Розрахунок струмових режимів»

Розрахунок струмових режимів необхідний для визначення величин струмів у лініях і трансформаторах при їх нормальній роботі, при всіх видах коротких замикань та в післяаварійних режимах. Послідовність виконання розділу полягає в наступному.

2.1.1. За загальною схемою електропостачання скласти й накреслити розрахункову схему лінії або трансформатора з елементами їх живлення від районної підстанції, тобто, ту частину загальної схеми електропостачання, яка відповідає варіанту завдання на курсову роботу; на розрахунковій схемі написати параметри її елементів: величини напруг, довжину ліній та їх поперечний переріз, потужність трансформаторів, їх напругу й втрати короткого замикання.

2.1.2. За розрахунковою схемою скласти й накреслити схему заміщення, в якій реальні лінії та трансформатори подані у формі активних та індуктивних опорів.

2.1.3. Розрахувати активні й індуктивні опори ліній та трансформаторів схеми заміщення за методикою, викладеною для трансформаторів в [1, с. 55–57], для ліній в мережах з ізолюованою нейтраллю напругою 6-35 кВ в [1, с. 77–83]. Для ліній з глухозаземленою нейтраллю напругою 110 кВ розрахувати індуктивний опір нульової



послідовності для визначення струмів при однофазних коротких замиканнях на землю. Опори ліній та трансформаторів напругою 10 кВ привести до напруги 110 кВ за відповідними формулами. Написати значення опорів на схемі заміщення й позначити точки коротких замикань, кількість яких відповідає кількості ступенів релейних захистів.

2.1.4. Розрахувати струми в лінії або трансформаторі, що підлягають захисту, в нормальному режимі, виходячи з потужності трансформаторів та в режимах одно-, дво- та трифазних коротких замикань. Потужність районної підстанції енергосистеми вказана на схемі (рис.1) і дорівнює 1000 МВА. Методики розрахунків струмових режимів для трансформаторів наведені в [1, с. 55-57], для ліній в мережах з ізольованою нейтраллю напругою 6-35, та глухозаземленою нейтраллю напругою 110 кВ в [1, с. 77-83].

Струм однофазного короткого замикання на землю (струм нульової послідовності) для ліній з глухозаземленою нейтраллю напругою 110 кВ визначається аналогічно трифазному з урахуванням опору нульової послідовності. Струм однофазного короткого замикання на землю (струм нульової послідовності) для ліній з ізольованою нейтраллю напругою 6-35 кВ визначають за методикою викладеною в [1, с. 79-83].

2.1.5. Результати розрахунків опорів схеми заміщення і струмів коротких замикань доцільно оформити у формі таблиць, як показано в розділі 3.

## 2.2. Методика виконання розділу «Розрахунок релейних захистів»

Розрахунок релейних захистів полягає: 1) у визначенні уставок спрацьовування відповідних захистів; 2) у перевірці їх коефіцієнтів чутливості; 3) у побудові карти селективності захистів.

2.2.1. Уставки спрацьовування визначають за величинами відповідних аварійних струмів або за іншими величинами, які характеризують аварійний режим. Методика розрахунку максимальних струмових захистів та диференціальних захистів трансформаторів представлена в [1, с. 59-72].

2.2.2. Методика розрахунку уставок спрацьовування і коефіцієнтів чутливості струмової відсічки та максимальних струмових захистів ліній напругами 10 кВ та 110 кВ при дво- і трифазних коротких замиканнях подана в [1, с. 87-90].

2.2.3. Методику розрахунку уставок спрацьовування і коефіцієнтів чутливості захисту нульової послідовності для ліній напругою 110 кВ виконують аналогічно [1, с. 87-89], тільки у відповідних формулах підставляється значення однофазного струму короткого замикання.

2.2.4. Методика розрахунку уставок спрацьовування і коефіцієнтів чутливості захистів нульової послідовності для ліній напругою 10 кВ при однофазних коротких замиканнях наведена в [1, с. 84-87].

2.2.5. Методика розрахунку уставок спрацьовування і коефіцієнтів чутливості дистанційних захистів ліній напругою 110 кВ подана в [1, с. 99-101], диференціальних захистів паралельних ліній наведена в [1, с. 90-93], триступневих струмових захистів послідовних ліній в [1, с. 94-97].

2.2.6. За результатами розрахунків релейних захистів обов'язково будують карту селективності захистів, яка показує зони дії захистів відносно довжини лінії і узгодження часу їх спрацьовування для забезпечення селективності спрацьовування захистів. Приклад карти селективності захистів показано в [1, с. 89, рис. 9.10], яка будується наступним чином. На горизонтальній осі абсцис відкладають довжину лінії у кілометрах, на вертикальній осі відкладаються струми коротких замикань. Будують прямолінійну залежність струмів дво- і трифазних коротких замикань від довжини лінії за трьома точками: 1) початок лінії, 2) кінець лінії, 3) шини низької напруги трансформатора. На осі струмів відкладають значення уставок спрацьовування струмової відсічки і максимального струмового захисту і проводяться прямі лінії паралельні осі абсцис. Точки перетину ліній уставок з лініями струмів к.з. і визначають зони дії захистів. Карту узгодження часів спрацьовування дво- та триступневих захистів будують аналогічно як показано в [1, с. 31, рис. 2.4]. При побудові карт селективності захистів нульової послідовності для ліній 110 кВ беруть до уваги струм однофазного короткого замикання. Для дистанційних захистів беруть до уваги відповідні опори до точок коротких замикань.

Схеми захисту нульової послідовності кабельних ліній від однофазних замикань на землю будують на основі спеціального трансформатора нульової послідовності типу ТЗЛ. Останній являє собою тороподібне осердя з намотаною на ньому вторинною обмоткою, роль первинної обмотки виконує безпосередньо кабель, пропущений через вікно осердя.

Розрахунок схеми захисту нульової послідовності полягає у визначенні вторинного струму трансформатора ТЗЛ за допомогою графіка його залежності від первинного струму, яким є струм нульової послідовності  $3I_0$ , на числовій осі якого і знаходиться уставка спрацьовування  $I_{зпп}$  (див. рис. А.2 Додатку А). За величиною вторинного струму ТЗЛ вибирають тип захисного реле, струм спрацьовування якого повинен бути менше від нього. Типи захисних реле для підключення до вторинної обмотки ТЗЛ наведені в табл. А.2 (див. Додаток А)

## 2.3. Методика виконання розділу «Розробка схем релейних захистів»

Розробку електричної схеми релейних захистів проводиться в такій послідовності.

2.3.1. Вибір трансформаторів струму виконують за умовою  $I_{1TSA} \geq I_{МАКС}$ , де  $I_{1TSA}$  - номінальний первинний струм трансформаторів струму,

стандартні значення яких є такі: 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 А;  $I_{\text{МАКС}}$  - максимальний робочий струм лінії або трансформатора, А. Перевірка трансформаторів струму (ТС) на 10% - похибку полягає у визначенні допустимого опору його навантаження при відомій кратності первинного струму к.з. за графіком рис. А.3 Додатку А. Для цього визначають кратність первинного струму к.з. діленням максимального струму трифазного к.з. на номінальний первинний струм трансформаторів струму, на осі ординат відкладають значення кратності й проводять пряму паралельну осі абсцис до перетину з графіком. Від точки перетину опускають перпендикуляр на вісь абсцис і таким чином визначають допустимий опір вторинної обмотки трансформаторів струму. Детально методика описана в [1, с. 10].

2.3.2. Вибір типу струмового реле визначають за номером варіанта курсової роботи: для парних варіантів приймають електромагнітне реле серії РТ-40, для непарних - електронне реле серії РС-80, технічні характеристики яких наведені в додатку А.

2.3.3. При розробці схем дистанційних й напрямлених захистів ліній використовують реле опору й реле напрямку потужності, при розробці диференціальних захистів трансформаторів – реле РНТ-565 та ДЗТ -11, конструкція та принцип дії яких описаний в [1].

2.3.4. У загальному випадку креслення принципової електричної схеми релейного захисту повинне містити: 1) схему, що пояснює місце розташування захистів, вказують об'єкт захисту - (лінія або трансформатор), місце установки вимикача з електромагнітами вимикання вимикачів, місце й кількість трансформаторів струму.; 2) схему вторинних струмових кіл трансформаторів струму, струмових реле, реле часу, сигнальних й проміжних реле.

2.3.5. При побудові схем захисту на реле РТ-40 використовують два комплекти релейного захисту типу КЗ – 12, один з яких в якості струмової відсічки без витримки часу, а інший в якості максимального струмового захисту з витримкою часу, один комплект релейного захисту типу КЗ – 37. Схеми комплектних захистів наведені в додатку А.

2.3.6. При побудові схем захисту на реле РС-80 використовують проміжне реле РП-20 для живлення електромагніта вимикання вимикача, оскільки вихідні контакти РС-80 розраховані на струм до 5 А.

2.3.7. У курсовій роботі треба виконати опис схеми релейного захисту, який пишуться наступним чином: спочатку переліковують електричні апарати схеми та їх призначення у схемі, потім описують конструкцію та принцип дії одного з основних реле, використаних у схемі, потім роботу схеми при міжфазних коротких замиканнях та однофазних замиканнях на землю.

2.3.8. При побудові схем захистів ліній: дистанційних, поперечних диференціальних, нульової послідовності в мережах 10 кВ, струмових напрямлених необхідно давати опис конструкції та принцип дії спеціальних реле. До таких реле відносяться реле опору КРС, реле напрямку потужності

РБМ, реле струму нульової послідовності УСЗ. Опис їх конструкції та принцип дії наведений в [1, 2]

### 3. КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

#### 3.1. Розрахунок струмових режимів трансформатора

Початкові дані для розрахунку: 1) схема живлення; 2) параметри енергосистеми: потужність 850 МВА, напруга 110 кВ; 3) параметри трансформатора 110/10 кВ: потужність 6,3 МВА, напруга короткого замикання 10,5 %, потужність короткого замикання 44 кВт; 4) параметри лінії 110 кВ: довжина 12 км, поперечний переріз 70 мм<sup>2</sup>.

Номінальні струми в обмотках високої напруги (ВН) і низької напруги (НН) трансформаторів обчислюють за формулами

$$I_{BH}^H = \frac{S_T^H}{\sqrt{3}U_{BH}^H}; \quad (3.1)$$

$$I_{HH}^H = \frac{S_T^H}{\sqrt{3}U_{HH}^H}, \quad (3.2)$$

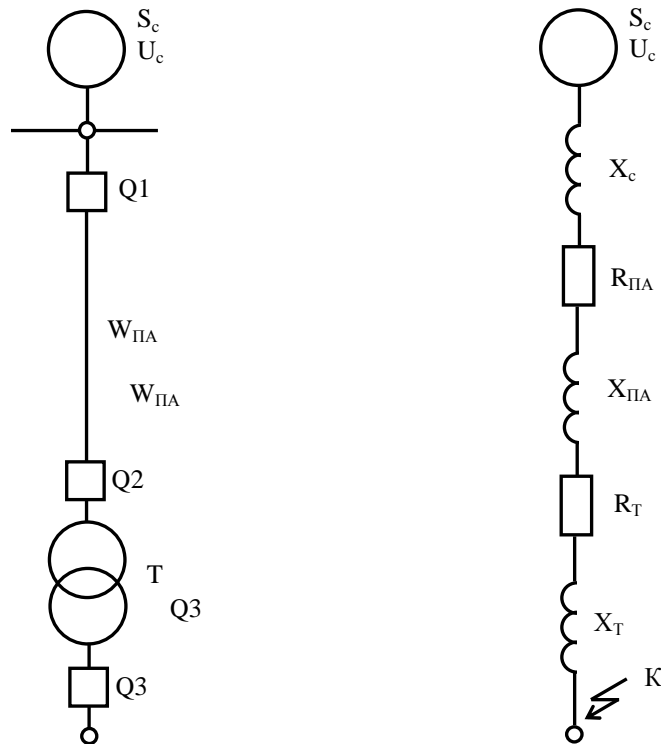
де  $S_T^H$  - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{BH}^H$ ,  $U_{HH}^H$  - номінальні лінійні напруги обмоток ВН і НН, кВ.

Максимальний струм обмоток ВН і НН у післяаварійному режимі двотрансформаторної підстанції 110/10 кВ при виході з ладу одного з трансформаторів, коли другий працює з перевантаженням 140%, дорівнює

$$I_{BH(HH)}^M = 1,4I_{BH(HH)}^H. \quad (3.3)$$

Розрахунок струмів в обмотках ВН і НН при коротких замиканнях на виводах обмотки НН виконуємо на основі схеми заміщення мережі 110 кВ, показану на рис. 3. 1.



**Рис. 3.1 - Розрахункова схема і схема заміщення живлення трансформатора**

У схемі заміщення реальні елементи мережі лінія і трансформатор представлені активними й реактивними опорами, величини яких визначаються наступним чином. Реактивний опір  $X_c$  енергосистеми обчислюється за формулою

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_c}, \quad (3.4)$$

де  $U_c$ ,  $S_c$  - номінальні значення напруги в кВ і потужності в МВА енергосистеми.

Активний  $R_{пл}$  і реактивний  $X_{пл}$  опори повітряної лінії 110кВ розраховують за формулами

$$R_{пл} = r_{пл} \times l_{пл}; X_{пл} = x_{пл} \times l_{пл}, \quad (3.5)$$

де  $r_{пл}$ ,  $x_{пл}$  - питомий активний і реактивний опори 1 км сталевалюмінієвих проводів марки АС, значення яких вказані в Додатку А;

$l_{пл}$  - довжина повітряної лінії, км.

Повний  $Z_T$ , активний  $R_T$ , реактивний  $X_T$  опори трансформатора у режимі короткого замикання на виводах обмотки НН розраховується за формулами

$$Z_T = \frac{U_K \% \times U_{BH}^2}{100 \times S_T}; \quad (3.6)$$

$$R_T = \frac{P_K}{3I_{BH}^2}; \quad (3.7)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \quad (3.8)$$

де  $U_K$  %- напруга короткого замикання трансформатора у процентах від номінальної напруги;

$S_T$  – номінальна потужність трансформатора, МВА;

$U_{BH}, I_{BH}$  – номінальні значення напруги (кВ) і струму (А) обмотки ВН;

$P_K$  – втрати короткого замикання трансформатора, Вт.

Повний опір схеми заміщення дорівнює

$$Z_{CЗ} = \sqrt{(X_C + X_{ЛЛ} + X_T)^2 + (R_{ЛЛ} + R_T)^2}. \quad (3.9)$$

Розрахунок параметрів схеми заміщення електричної мережі 110 кВ, тобто визначення активних й реактивних опорів схеми зводимо у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри схеми заміщення

Назва параметрів схеми	Формула для розрахунку	Числове значення
Реактивний опір енергосистеми, Ом	3.4	14,3
Активний опір лінії, Ом	3.5	5,14
Реактивний опір лінії, Ом	3.5	5,33
Повний опір трансформатора, Ом	3.6	201,7
Активний опір трансформатора, Ом	3.7	13,4
Реактивний опір трансформатора, Ом	3.8	201,3
Повний опір схеми заміщення, Ом	3.9	

Розглянемо струми в обмотках ВН і НН при коротких замиканнях на виводах обмотки НН. При коротких замиканнях всередині обмоток ВН і НН ці

струми будуть більшими, а для побудови релейних захистів необхідно знати мінімальні значення струмів короткого замикання.

Таким чином, струми в обмотках ВН при наступних типах коротких замикань на виводах обмотки НН розраховуються за формулами:

1) для трифазного короткого замикання

$$I_{BH}^{(3K)} = \frac{U_C}{\sqrt{3} \times Z_{C3}}; \quad (3.10)$$

2) для двофазного короткого замикання

$$I_{BH}^{(2K)} = \frac{\sqrt{3} \times I_{BH}^{(3K)}}{2}; \quad (3.11)$$

3) для однофазного короткого замикання у пошкодженій фазі і в нейтралі

$$I_{BH\Pi}^{(1K)} = \frac{2 \times I_{BH}^{(3K)}}{3}; \quad (3.12)$$

4) для однофазного короткого замикання у непошкодженій фазі

$$I_{BHH}^{(1K)} = \frac{I_{BH}^{(3K)}}{3}; \quad (3.13)$$

Струми в обмотках НН при цьому визначають за формулою

$$I_{HH} = \frac{U_{BH} \times I_{BH}}{U_{HH}} = K_T \times I_{BH}, \quad (3.14)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт трансформації трансформатора

Термічну стійкість трансформатора, тобто інтервал часу збереження властивостей ізоляції при протіканні по обмотках трансформатора трифазних струмів короткого замикання знаходять за формулою

$$t_t = \frac{500}{K_{KC}^2}; \quad (3.15)$$

де  $K_{KC}$  – коефіцієнт кратності струму,  $K_{KC} = \frac{I_{BH}^{(3K)}}{I_{BH}^H}$ .

Якщо розрахункове значення (3.15) перевищує 3 сек, то термічну стійкість приймають 3 сек.

Вмикання трансформатора під напругу викликає кидок струму в обмотці ВН. Кидок струму, безпечний для трансформатора, може призвести до хибного

спрацювання релейних захистів і відключення трансформатора від джерела живлення. Тому релейний захист необхідно відстроювати від кидків струму за рахунок вибору уставок спрацювання за струмом або за часом.

Величина кидка струму може бути розрахована в результаті вирішення системи нелінійних диференціальних рівнянь, що досить складно. Тому на практиці для розрахунку величини кидка струму користуються емпіричною формулою

$$I_{KC} = 4I_{BH}^H . \quad (3.16)$$

Тривалість кидка струму за часом у загальному випадку не перевищує тривалості 2-3 періодів мережної напруги, тобто 0,04 – 0,06 секунди.

Розрахунок струмових режимів трансформатора зводимо у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку параметрів трансформатора.

Назва параметрів	Формула для обчислення	Числове значення
Номінальна потужність, кВА	-	6300
Коефіцієнт трансформації	-	11
Напруга короткого замикання, %	-	10,5
Втрати короткого замикання, кВт	-	44
Струми обмотки ВН:	-	-
номінальний , А	3.1	33,07
максимальний , А	3.3	46,3
трифазного к.з. , А	3.10	288
двофазного к.з. , А	3.11	250
однофазного к.з. , А	3.12	192
однофазного к.з. , А	3.13	96
Струми обмотки НН:	-	-
номінальний , А	3.2	364
максимальний , А	3.3	509
трифазного к.з. , А	3.14	3166
двофазного к.з. , А	3.14	2741
однофазного к.з. , А	3.14	2110
Кидок струму обмотки ВН , А	3.16	228
Термічна стійкість , с	3.15	3



### 3.2. Розрахунок релейних захистів.

Для трансформаторів 110/10 кВ згідно з “Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ)” повинні бути передбачені релейні захисти від наступних видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- міжфазних коротких замикань в обмотках ВН і НН та на їх виводах;
- однофазних коротких замикань на металеві частини трансформатора, з'єднані із землею;
- міжвиткових коротких замикань в обмотках ВН і НН;
- від струмів в обмотках ВН і НН, спричинених перевантаженням трансформатора більше 140%;
- від струмів в обмотках ВН і НН , спричинених зовнішніми короткими замиканнями, тобто короткими замиканнями на лініях 10 кВ;
- від зниження рівня масла в корпусі трансформатора.

Для захисту трансформатора від вищеназваних пошкоджень приймаємо згідно з ПУЕ наступні захисти:

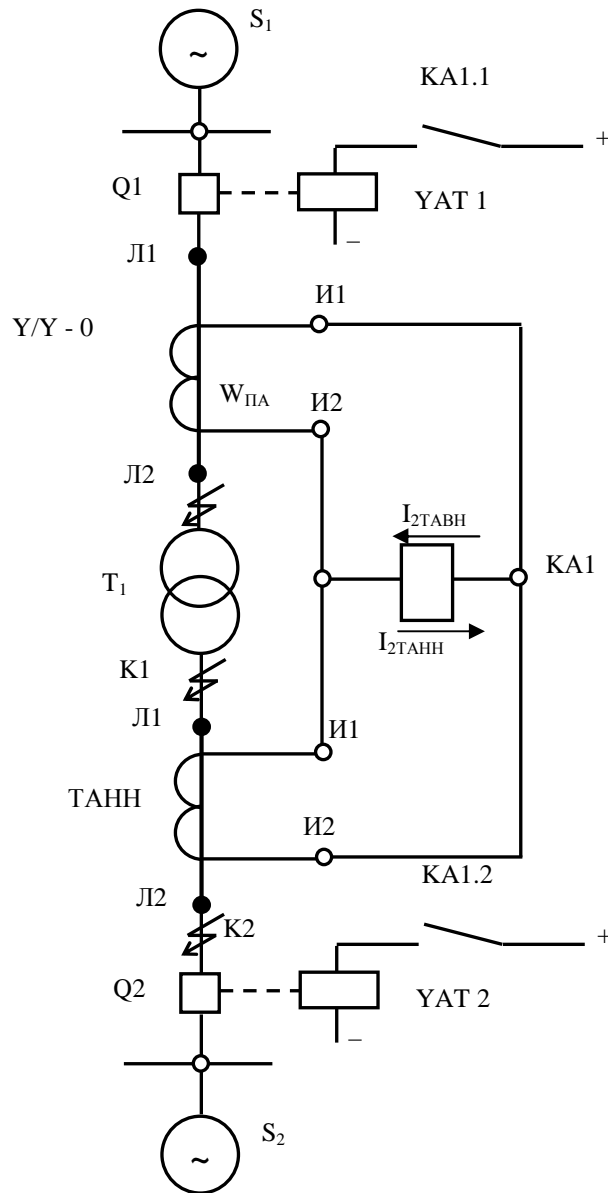
- диференціальний захист, як основний захист від міжфазних коротких замикань обмоток ВН і НН та їх виводів;
- максимальний струмовий захист, підключений до нейтралі обмотки ВН , з'єднаної в “зірку” від однофазних коротких замикань на землю;
- максимальний струмовий захист від симетричних перевантажень трансформатора з дією на сигнал чергового персоналу;
- максимальний струмовий захист оберненої послідовності від зовнішніх коротких замикань;
- газовий захист від міжвиткових коротких замикань в обмотках ВН і НН та від зниження рівня охолоджувального масла в розширювальному баку трансформатора;

- захист від однофазних замикань на землю обмотки НН з ізолюваною нейтраллю, з'єднаної у “трикутник” з дією на сигнал, так званий захист нульової послідовності.

Диференціальний захист трансформаторів є основним захистом від внутрішніх коротких замикань у трансформаторах потужністю 6,3 МВА і більше, а також для трансформаторів потужністю 1-4 МВА при їх паралельній роботі згідно з вимогами ПУЕ. Принцип дії диференціального захисту пояснюється його схемою, зображеною на рис. 3.2. Схема містить в собі трансформатори струму на стороні ВН і НН відповідно ТАВН і ТАНН і реле струму КА1. Вторинні обмотки ТАВН і ТАНН з'єднані між собою і реле КА1 таким чином, щоб їх струми через катушку реле КА1 протікали зустрічно, тобто віднімались. Вторинні струми ТАВН і ТАНН при відповідному підборі їх коефіцієнтів трансформації повинні бути однаковими, рівними за величиною. Тоді при нормальному режимі роботи трансформатора різниця струмів у котушці реле КА1 дорівнює нулю і воно не спрацьовує. При коротких замиканнях за трансформатором струму ТАНН (точка К.2 на схемі) вторинні струми від ТАВН і ТАНН пропорційно зростають, але їх різниця залишається дорівнювати нулю і реле КА1 знову не спрацьовує.

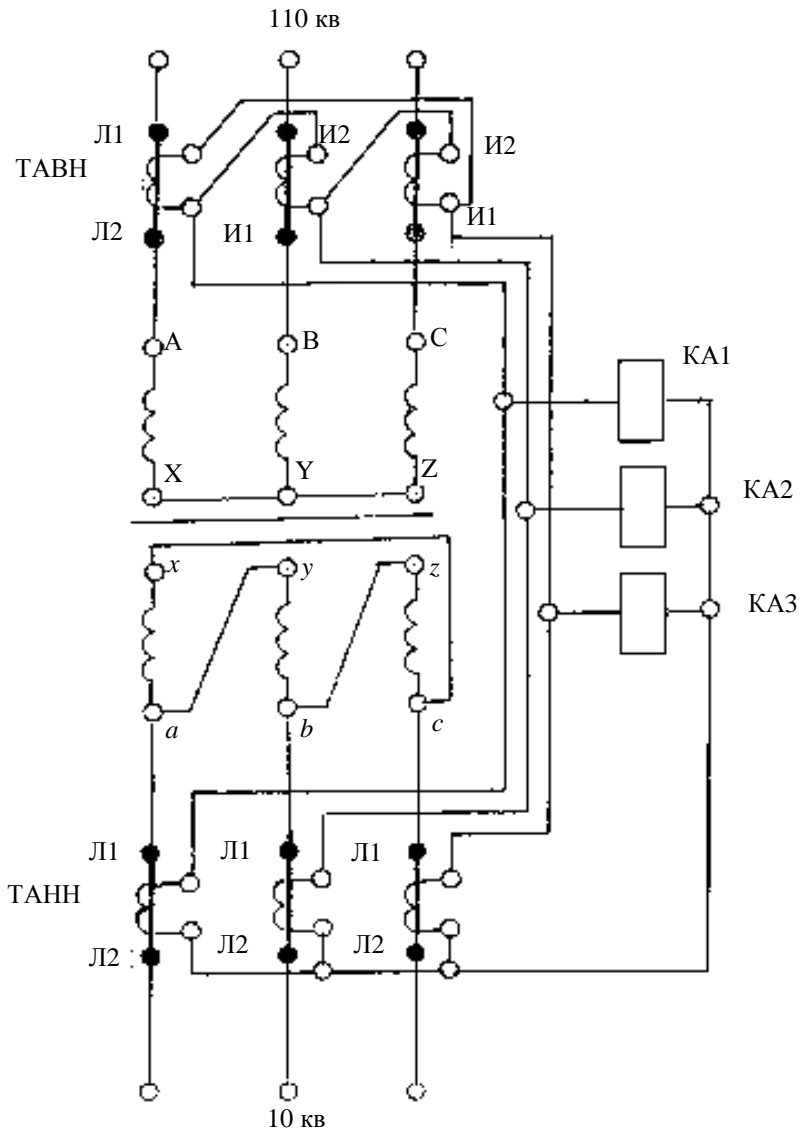
При коротких замиканнях всередині зони між трансформаторами струму ТАВН і ТАНН (точки К.1 на схемі) струм від ТАНН стає рівним нулю при односторонньому живленні силового трансформатора або змінює напрямок на протилежний, тобто додається до струму від ТАВН при паралельній роботі трансформаторів. В обох випадках через катушку реле КА1 протікає струм і воно спрацьовує.

Все вищеназване справедливо для силових трансформаторів з групою з'єднання обмоток “зірка-зірка-нуль”. У силових трансформаторах з групою з'єднання обмоток “зірка-трикутник-11” струми обмоток ВН і НН мають фазовий зсув, тобто струм обмотки ВН випереджає струм обмотки НН на 330 електричних градусів. Ця обставина призводить до того що в нормальному



**Рис. 3.2 – Схема диференціального захисту**

режимі роботи трансформатора і при зовнішніх коротких замиканнях (точка К.2 на рис. 3.1) різниця вторинних струмів від ТАВН і ТАНН не дорівнює нулю, що спричинює спрацювання реле КА1. Для усунення цього, вторинні обмотки трансформаторів струму ТАВН і ТАНН з'єднують у схеми протилежні схемам з'єднання обмоток ВН і НН силового трансформатора як показано на рис. 3.3. При такій схемі вторинні струми ТАВН і ТАНН співпадають за фазою.



**Рис. 3.3 – Схема вмикання трансформаторів струму для силових трансформаторів з групою з'єднання обмоток “зірка-трикутник - 11”**

На практиці різниця струмів від ТАВН і ТАНН завжди більше нуля, тому що їх не можливо підібрати з необхідними коефіцієнтами трансформації. Тоді через котушки струмових реле КА1-КА3 протікає струм і в нормальному режимі роботи трансформатора і при зовнішніх коротких замиканнях. Цей струм називають струмом небалансу і , отже , уставка спрацьовування диференціального захисту повинна бути більшою за струм небалансу , за струм холостого ходу трансформатора і за кидок струму намагнічування при вмиканні трансформатора під напругу.

Для побудови диференціальних захистів трансформаторів використовують спеціальне реле серії РНТ-565, яке являє собою сукупність струмового реле типу РТ-40/0,02 і проміжного трансформатора ПТ як показано на рис.3.4. Реле РНТ-565 забезпечує компенсацію впливу струму небалансу і кидка струму при вмиканні трансформатора на спрацювання диференціального захисту.

Виконавче струмове реле РТ –40/0,02 підключене до робочої вторинної обмотки проміжного трансформатора ПТ, в якій індукується електрорушійна сила (ЕРС) магнітним потоком в осерді. Останній створюється результуючою магніторушійною силою (МРС) первинних обмоток: диференціальної ДО, двох зрівняльних обмоток 30-1, 30-2 та короткозамкненої КО. Реле РТ-40/0,02 спрацьовує при певному значенні струму вторинної обмотки ПТ , якому відповідає певне значення магнітного потоку в осерді і , отже , певне значення МРС спрацьовування  $F_{C.P.}$  , тобто

$$F_{C.p}=I_{до}W_{до}+I_{зо-1}W_{зо-1}-I_{ко}W_{ко}=100A, \quad (3.17)$$

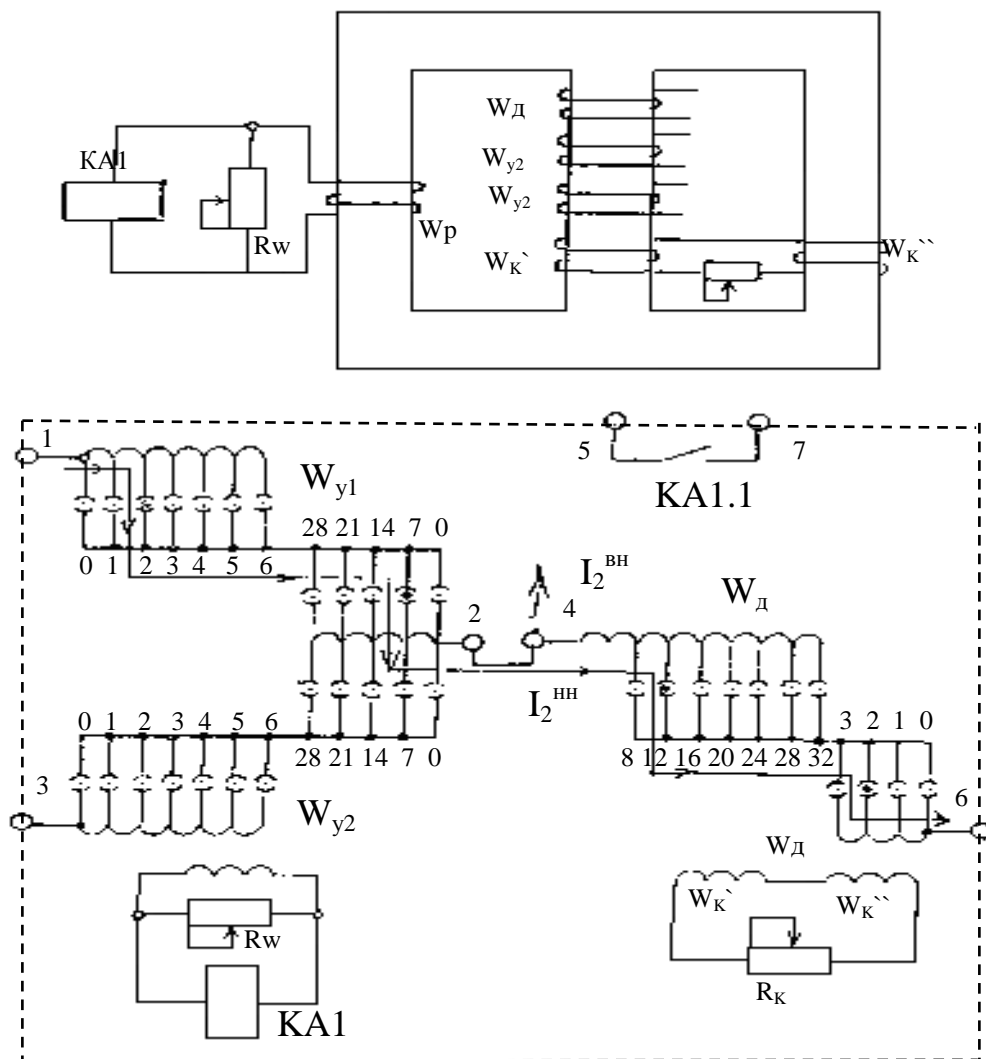
де  $I_{до}$ ,  $I_{зо-1}$ ,  $I_{ко}$  – струми відповідно в обмотках диференціальній, зрівняльній і короткозамкненій, А;

$W_{до}$ ,  $W_{зо-1}$ ,  $W_{ко}$  – кількість витків обмоток диференціальної, зрівняльної і короткозамкненої.

При вмиканні на різницю вторинних струмів ТАВН і ТАНН тільки диференціальної обмотки ДО через неї протікає струм небалансу  $I_{НБ}^{(3K)}$  ,тобто

$$I_{НБ}^{(3K)} = I_{2ТАВН}^{(3K)} - I_{2ТАНН}^{(3K)} , \quad (3.18)$$

де  $I_{2ТАВН}^{(3K)}$   $I_{2ТАНН}^{(3K)}$  - вторинні струми трансформаторів струму ТАВН і ТАНН при трифазному короткому замиканні на виводах обмотки НН силового трансформатора.



**Рис. 3.4 – Конструкція і внутрішня схема диференціального реле РНТ-565**

Струм небалансу (3.18) створює магніторушійну силу (МРС) небалансу  $F_{нб}$ , тобто

$$F_{нб} = W_{до} \cdot I_{нб}, \quad (3.19)$$

яка створює магнітний потік небалансу, здатний спричинити спрацьовування виконавчого реле. Для компенсації МРС небалансу (3.19), тобто ,щоб  $F_{нб} = 0$  необхідно створити додаткову МРС, ввімкнувши зрівняльну обмотку У0-1 послідовно з диференціальною ДО і пропустити через неї менше значення струму  $I_{2ТАВН}$ .

Розрахунок диференціального захисту на основі реле РНТ-565 полягає у розрахунку струму спрацьовування  $I_{с.р}$  реле, схеми вмикання і кількості витків

обмоток ДО і У0-1. Перевірка відстроювання захисту від кидків струму намагнічування не потрібна, тому що реле має короткозамкнену обмотку, яка зменшує магнітний потік в осерді в ці моменти.

Методика розрахунку параметрів реле РНТ-565 полягає в наступному. Трансформатори струму ТАВН і ТАНН вибирають за їх первинними струмами  $I_1$  за умовою

$$I_{1ТАВН} \geq 1,4I_{ВН}^H; I_{1ТАНН} \geq 1,4I_{НН}^H. \quad (3.20)$$

Струм спрацьовування реле РНТ-565 розраховують за формулою

$$I_{C.P} = \frac{1,3I_{ВН}^H \times K_{CX}}{K_{ТАВН}}, \quad (3.21)$$

де  $K_{CX}$  – коефіцієнт схеми з'єднання вторинних обмоток ТАВН: для схеми “трикутника”  $K_{CX}=1,73$ ; для “зірки” –  $K_{CX}=1$ ;

$K_{ТАВН}$  – коефіцієнт трансформації ТАВН.

Питання вмикання зрівняльної обмотки У0-1 у вторинне коло ТАВН чи ТАНН залежить від знаку нерівності їх вторинних струмів. Якщо  $I_{2ТАНН}^{(3K)} > I_{2ТАВН}^{(3K)}$  то зрівняльну обмотку У0-1 вмикають в коло ТАВН, тоді при внутрішньому короткому замиканні трансформатора реле РНТ – 565 спрацьовує від вторинного струму ТАВН відповідно з рівнянням магніторухливих сил обмоток, тобто

$$I_{C.P} (W_{ДО} + W_{30-1}) = F_{C.P} = 100A. \quad (3.22)$$

При зовнішньому короткому замиканні за трансформатором реле РНТ-565 не повинно спрацьовувати. Для забезпечення цієї умови необхідно компенсувати вплив струму небалансу (3.18) і відповідно йому МРС небалансу (3.19). Це можливо, коли МРС небалансу дорівнює МРС зрівняльної обмотки тобто

$$I_{2ТАНН}^{(3K)} - I_{2ТАВН}^{(3K)} \times W_{ДО} = I_{2ТАВН}^{(3K)} \times W_{30-1}. \quad (3.23)$$

Рівняння (3.22) і (3.23) являють собою систему рівнянь з двома невідомими, вирішення якої наступне

$$W_{до} = \frac{100}{I_{C.P.}} \times \frac{I_{2ТАВН}^{(3K)}}{I_{2ТАНН}}; \quad (3.24)$$

$$W_{30-I} = \frac{100}{I_{C.P.}} \times \frac{I_{2ТАНН}^{(3K)} - I_{2ТАВН}^{(3K)}}{I_{2ТАНН}^{(3K)}}. \quad (3.25)$$

Якщо  $I_{2ТАВН}^{(3K)} > I_{2ТАНН}^{(3K)}$ , то зрівняльну обмотку вмикають у коло ТАНН. Кількість витків обмоток при цьому визначається із аналогічних рівнянь за формулами

$$W_{до} = \frac{100}{I_{C.P.}}; \quad (3.26)$$

$$W_{30-I} = \frac{100}{I_{C.P.}} \times \frac{I_{2ТАВН}^{(3K)} - I_{2ТАНН}^{(3K)}}{I_{2ТАНН}^{(3K)}}; \quad (3.27)$$

При отриманні дрібної кількості витків обмоток її округлюють до цілого числа за законами округлення. Результати розрахунку диференціального захисту зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати розрахунку диференціального захисту на реле РНТ

Назва параметра	Формула для обчислення	Числове значення
Номінальний первинний струм:	-	-
-трансформатора струму ТАВН	3.20	100
-трансформатора струму ТАНН	3.20	600
Коефіцієнт трансформації :	-	-
-трансформатора струму ТАВН	-	20
-трансформатора струму ТАНН	-	120
Вторинні струми трансформаторів	-	-
-на стороні ВН , $I_{2ТАВН}$ , А	-	14,4
-на стороні НН , $I_{2ТАНН}$ , А	-	25,4
Струм небалансу , $I_{НБ}$ , А	3.18	12
Уставка спрацювання реле $I_{C.P.}$ , А	3.21	2,15
Кількість витків диференціальної обмотки:	-	-
-розрахункова	3.24;3.26	25,37
-прийнята	-	25
Кількість витків зрівняльної обмотки :	-	-
-розрахункова	3.25;3.27	21,16
-прийнята	-	21



Захист трансформатора від однофазних коротких замикань обмотки ВН 110кВ з глухозаземленою нейтраллю називають максимальним струмовим захистом нульової послідовності МСЗН. Принцип роботи ґрунтується на вимірюванні струму в нейтралі обмотки ВН трансформатора, що з'являється лише у випадках однофазних коротких замикань на землю. МСЗН призначений для резервування неспрацьовування диференціального захисту трансформатора, тому спрацьовує з витримкою часу, що дорівнює інтервалу часу термічної стійкості ізоляції трансформатора (див. табл. 3.2).

Уставку спрацьовування МСЗН розраховують за емпіричною формулою

$$I_{МСЗН} = 0,5 \times I_{ВН}^H . \quad (3.28)$$

Перевірку МСЗН на чутливість виконують згідно з ПУЕ за величиною коефіцієнта чутливості  $K_{МСЗН}$ , тобто

$$K_{МСЗН} = \frac{I_{ВН}^{(1K)}}{I_{МСЗН}} > 1,5. \quad (3.29)$$

Розрахунок МСЗН за даною методикою зводять в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку МСЗН

Назва параметра	Формула для обчислення	Числове значення
Номінальний струм обмотки ВН, А	табл. 3.2	33,07
Уставка спрацьовування МСЗН, А	3.28	16,5
Витримка часу МСЗН, сек	табл.3.2	1,2
Однофазний струм к.з., А	3.12	192
Коефіцієнт чутливості МСЗН	3.29	11,6

Звичайний максимальний струмовий захист (МСЗ) згідно ПУЕ встановлюється в обов'язковому порядку на всіх трансформаторах потужністю більше 400 кВА незалежно від наявності інших захистів. У загальному випадку МСЗ призначений для резервування неспрацьовування диференціального

захисту і релейних захистів шин і ліній 10 кВ, для захисту трансформатора від перевантажень у тому числі струмами зовнішніх коротких замикань на лініях 10 кВ, трансформаторах 10/0,4 кВ і на лініях 0,4 кВ. На двохобмоткових трансформаторах МСЗ влаштовують на стороні ВН, але при спрацьовуванні з витримкою часу МСЗ діє на вимикання вимикачів з обох сторін ВН і НН трансформатора.

Уставку спрацьовування МСЗ визначають за формулою

$$I_{\text{мез}} = \frac{K_{\text{зап}} \times K_{\text{сзп}}}{K_{\text{п}}} I_{\text{вн}}^{\text{м}} ; \quad (3.30)$$

де  $K_{\text{зап}} = 1,2$ - коефіцієнт запасу ;

$K_{\text{сзп}}$ - коефіцієнт самозапуску високовольтних електродвигунів: при їх відсутності  $K_{\text{сзп}} = 1$ , при наявності  $K_{\text{сзп}} = 1,5$ ;

$K_{\text{п}} = 0,8$  – коефіцієнт повернення струмового реле;

$I_{\text{bh}}^{\text{м}}$  - максимальний робочий струм обмотки ВН, А (див. табл. 3.2)

Витримка часу спрацьовування МСЗ визначається термічною стійкістю ізоляції трансформатора згідно табл. 3.2. Перевірка чутливості МСЗ полягає у розрахунку коефіцієнта чутливості і його відповідності вимогам ПУЕ, тобто

$$K_{\text{МСЗ}} = \frac{0,5 \times I_{\text{ВН}}^{(1\text{К})}}{I_{\text{МСЗ}}} * 2 > 1,5. \quad (3.31)$$

Розрахунок МСЗ за даною методикою зводимо в табл. 3.5

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку МСЗ

Назва параметрів	Формула для обчислення	Числове значення
Максимальний струм обмотки ВН, А	Табл. 3.2	46,3
Уставка спрацьовування МСЗ, А	3.30	69,5
Витримка часу МСЗ, сек.	Табл. 3.2	1,2
Однофазний струм к.з., А	3.12	192
Коефіцієнт чутливості МСЗ	3.31	2,8

### 3.3. Розробка електричної схеми релейних захистів

Згідно із завданням оперативним струмом для живлення схем релейних захистів і автоматики, сигналізації і керування прийнято змінний струм. Джерелом оперативного змінного струму є трансформатор власних потреб 10/0,22 кВ підстанції 110/10 кВ , вимірювальний трансформатор напруги 10/0,1 кВ з'єднаний з проміжним трансформатором 0,1/0,22 кВ, вторинні обмотки трансформаторів струму .

На стороні 110 кВ трансформатори струму типу ТВТ-110 встроєні у виводи трансформатора по дві штуки на кожну фазу . Крім цього на підстанції 110/10 кВ передбачені виносні трансформатори струму типу ТФНД-110 для зовнішньої установки . На стороні 10 кВ передбачені трансформатори струму типу ТПОЛ-10 встановлені всередині комірки ввідного вимикача 10 кВ. Параметри трансформаторів струму зведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Параметри трансформаторів струму для релейних захистів .

Назва параметра	Виносний 110 кВ	Встроєний 110 кВ	Виносний 10 кВ
Макс. струм обмоток , А	46,3	46,3	509,2
Тип трансформатора струму	ТФНД-110	ТВТ-110	ТПЛ-10
Номінальний струм :	-	-	-
- первинної обмотки , А	100	100	600
- вторинної обмотки , А	5	5	5
Коефіцієнт трансформації	20	20	120
Похибка вимірювання , %	0,5	0,5	0,5
Макс.опір навантаження , Ом	20	15	0,7
Макс. кратність струму	20	15	8

Уставка спрацьовування реле РНТ-565 і кількість витків обмоток проміжного трансформатора визначені в табл. 3.3, схема його включення показана на рис. 3.5.

Таблиця 3.7 - Параметри реле для побудови схеми захистів .

Тип реле	Струм , А	Потужність, ВА	Опір, Ом
Реле струму РТ-40/20	20	8	0,02
Реле проміжне РП-341	2,5	12	1,92
Реле струму РНТ-565	5	10	0,4
Реле часу РВМ-12	2,5	12	1,92
Реле сигнальне РУ-21	0,02	0,8	2000
Електромагніт вимикання РТМ	5	50	2

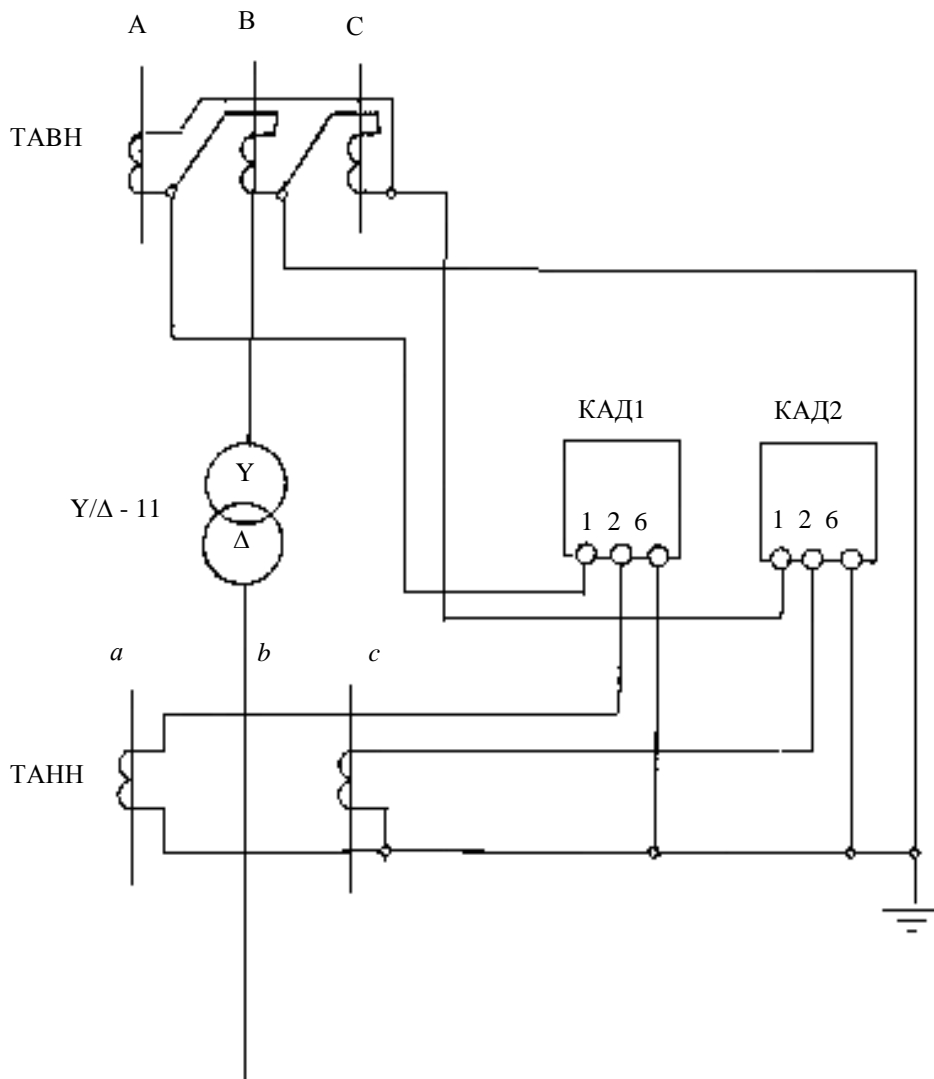


Рис.3.5 – Схема диференціального захисту на реле РНТ-565

Уставки спрацьовування струмових реле РТ-40 максимального струмового захисту МСЗ і максимального струмового захисту нульової послідовності МСЗН розраховують діленням (3.28) і (3.30) на коефіцієнт трансформації встроєних трансформаторів струму на стороні ВН , тобто ТАВН (див. табл. 3.3).

Особливість схеми релейних захистів на оперативному змінному струмі полягає у тому , що у вторинне коло трансформаторів струму ТАВН ввімкнені послідовно реле РТ-40/20, РП-341, РВМ-12, РНТ-565. Для забезпечення точності роботи ТАВН необхідно , щоб сумарний опір навантаження вторинної обмотки не перевищував допустимий згідно з табл. 3.6.

Таблиця 3.8 – Перевірка трансформаторів струму .

Назва параметрів	Типи трансформаторів струму		
	ТФНД	ТВТ	ТПЛ
Номінальний первинний струм , А	46,3	46,3	509
Струм трифазного к.з. , А	288	288	3165
Кратність первинного струму	6,2	6,2	6,2
Допустимий вторинний опір , Ом	20	15	0,7

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій з дисципліни “Релейний захист та автоматика” (для студентів 4 курсу денної та 4, 5 курсів заочної форм навчання з спеціальності 6.090603 – “Електротехнічні системи електроспоживання” і 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології») Укладач Ковальов В.М. - Харків : ХНАМГ, – 2008. – 107 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Высш. шк., 1991.
3. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – Л.: Энергия, 1972.
4. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. – М.: Энергия, 1976.
5. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання./ Говоров П.П. та ін. – К.: 1996.
6. Правила устройства электроустановок/Минэнерго СССР/. – 6 изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

## Довідкові дані для виконання курсової роботи

Таблиця А.1 – Параметри кабелів типу ААШв стандартних поперечних перерізів напругою 10 кВ.

Назва параметра	Стандартні значення поперечних перерізів, мм <sup>2</sup>									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Тривало допустимий струм, А	90	125	145	180	220	260	300	335	380	440
Питомий активний опір, Ом/км	2	1,28	0,92	0,64	0,46	0,34	0,27	0,21	0,17	0,132
Питомий реактивний опір, Ом/км	0,12	0,1	0,095	0,09	0,086	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075
Питомий ємнісний струм, А/кМ	0,52	0,62	0,69	0,77	0,9	1	1,1	1,3	1,4	1,7

Таблиця А.2 – Мінімальні уставки спрацьовування захисних реле нульової послідовності.

Тип реле	РТ-40/0,2	ЗЗП-1	РТЗ-50	РТЗ-51	СЗ-2/2	УСЗ-3М
Уставка, А	0,1	0,07	0,01	0,02	0,05	0,01

Таблиця А.3 – Питомі опори ліній 110 кВ з сталюалюмінієвими проводами.

Поперечний переріз, мм <sup>2</sup>	70	95	120	150	185	240
Питомий активний, Ом/кМ	0,428	0,306	0,249	0,198	0,162	0,12
Питомий реактивний, Ом/кМ	0,444	0,434	0,427	0,42	0,413	0,405

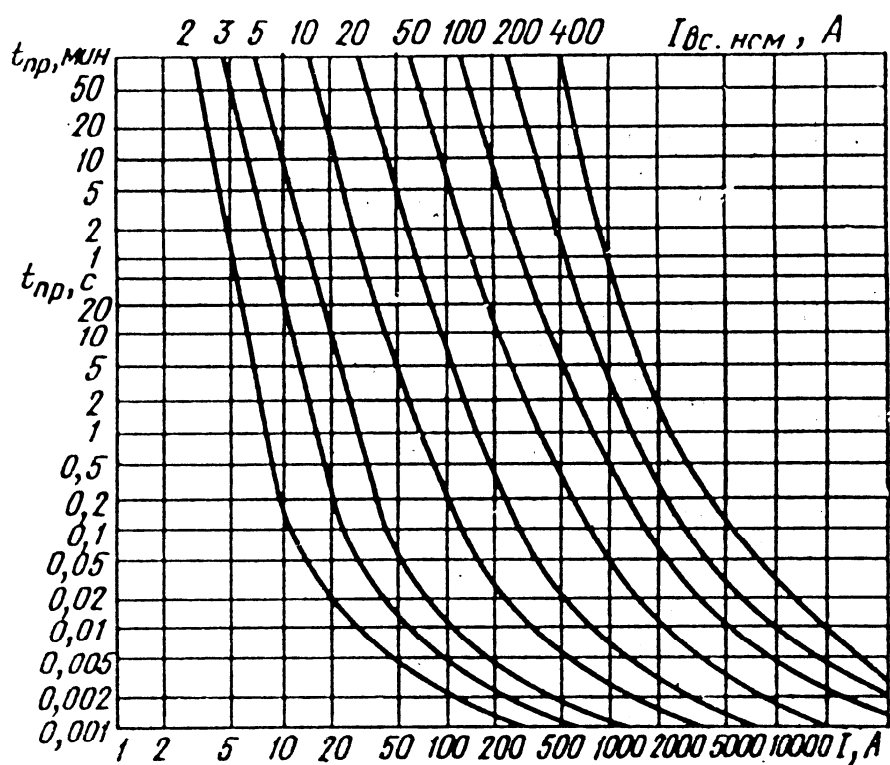


Рис. А.1 – Захисні характеристики запобіжника ПКТ-10

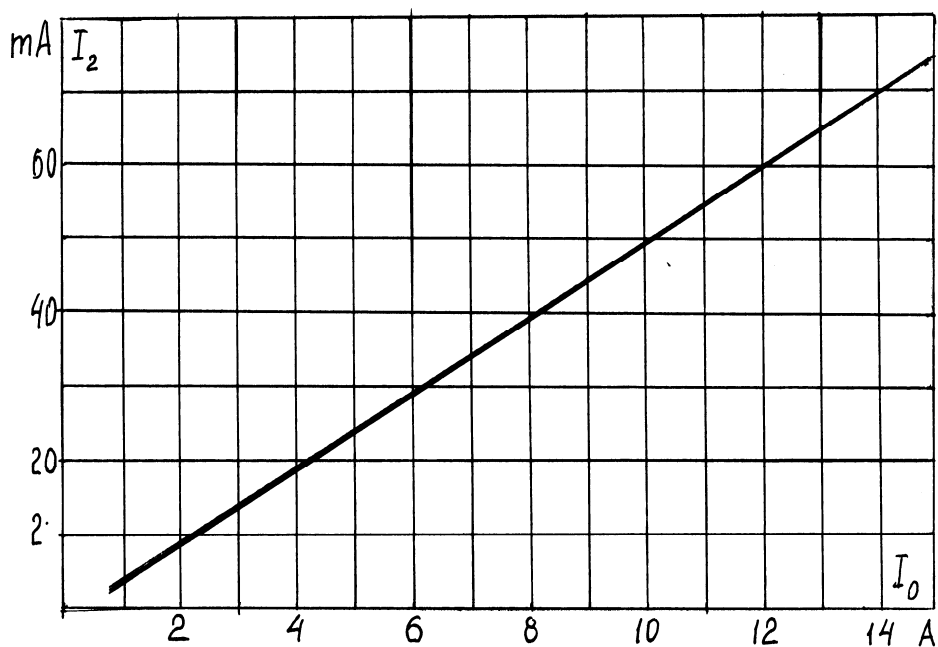
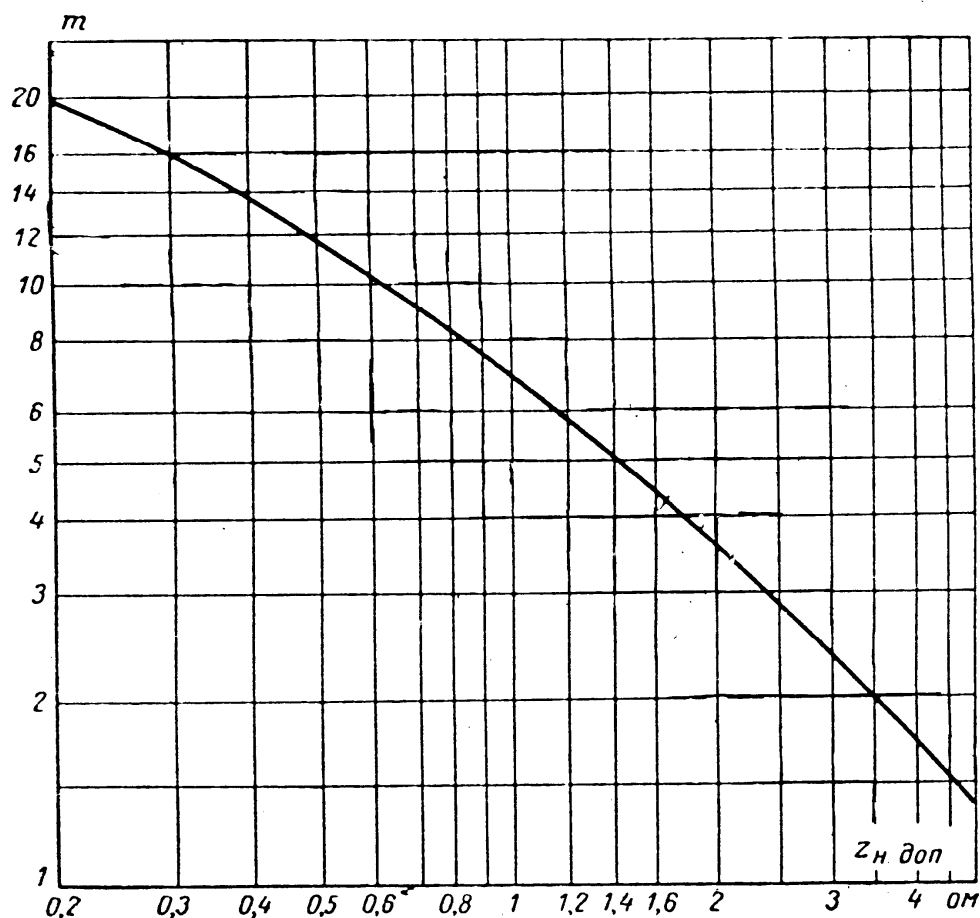


Рис. А.2 – Залежність вторинного струму трансформатора ТЗЛ від струму нульової послідовності при однофазному замиканні





**Рис. А.3 – Залежність опору вторинного навантаження від кратності первинного струму трансформатора струму ТПЛ -10**

**Таблиця А.4 - Технічні характеристики струмових реле**

Тип реле	Уставки спрацювання, А	Час спрацювання, с	Коефіцієнт повернення	Потужність споживання, ВА
РТ-40/0,2	0,05-0,2	0,1	0,8	0,2
РТ-40/0,6	0,15-0,6	0,1	0,8	0,2
РТ-40/2	0,5-2	0,1	0,8	0,2
РТ-40/6	1,5-6	0,1	0,8	0,5
РТ-40/10	2,5-10	0,1	0,8	0,5
РТ-40/20	5-20	0,1	0,8	0,5
РТ-40/50	12-50	0,1	0,8	0,8
РТ-40/100	25-100	0,1	0,8	1,8
РТ- 85/1	4,5;6;7;8;9;10	0,5-4	0,8	12
РТ- 85/2	2;2,5;3;3,5;4;4,5;5	0,5-4	0,8	10
РТ- 82/1	4,5;6;7;8;9;10	0,5-4	0,8	12

## Технічні характеристики реле струму РС80М2-19

Реле призначені для використання у схемах релейного захисту та протиаварійної автоматики для захисту електричних машин, трансформаторів і ліній електропередач при коротких замиканнях і перевантаженнях.

Реле РС80М2-19 – це статичне реле без додаткового джерела живлення. Живлення елементів схеми здійснюється від вхідного струму. Додаткове живлення (постійна або змінна напруга значенням 220 В) необхідне лише для забезпечення функції АПВ.

Реле забезпечує максимальний струмовий захист (МСЗ) з незалежною і двома залежними характеристиками спрацювання (за вибором з передньої панелі) та струмову відсічку (СВ) без витримки часу.

Значення уставок струму спрацювання, витримки часу, кратності струму відсічки, витримки часу АПВ їх кількість та дискретність наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Уставки реле РС-80

Уставки струму спрацювання МСЗ			Уставки витримки часу, с			Уставки струму відсічки, кратні МСЗ			Уставки АПВ, с		
Діап., А	Кіль- кість	Дискр., А	Діап., с	Кіль- кість	Дискр., с	Діап., крат.	Кіль- кість	Дискр., крат.	Діап., с	Кіль- кість	Дискр. с
1-2,27	128	0,01	0,3-25,8	256	0,1	2-17,75	64	0,25	0,5-8	16	0,5
2-4,54	128	0,02									
4-9,08	128	0,04									
8-18,16	128	0,08									

Реле містить три замикаючих вихідних контакти (ВИХІД МСЗ, ВИХІД СВ, ВИХІД АПВ) та один сигнальний замикаючий вихідний контакт (ВИХІД “ПУСК АПВ”).

Комутаційна здатність контактів реле для активного й індуктивного навантаження ( $\tau \leq 0,015$  с для постійного струму,  $\cos\varphi=0,5$  – для змінного струму):

а) вихідні контакти ВИХІД МСЗ, ВИХІД СВ, ВИХІД АПВ:

- змінний струм – потужність до 700 ВА при напрузі до 220 В;
- постійний струм – потужність до 60 Вт при напрузі до 220 В;

б) вихідні контакти ВИХІД “ПУСК АПВ”:

- змінний струм – потужність до 62,5 ВА при напрузі до 250 В і струмі до 1 А;
- постійний струм – потужність до 30 Вт при напрузі до 220 В і струмі до 1 А;

Комутаційна стійкість реле до зносу при навантаженнях, наведених вище не менше ніж 10000 спрацювань. При напрузі 10 В реле комутує мінімальний постійний чи змінний струм 0,002 А. Потужність, що споживається реле по колах струму при вхідному струмі, що дорівнює мінімальній уставці спрацювання, не перевищує значення 1,5 ВА на фазу. Реле витримує без пошкоджень довготривалий режим роботи при вхідному струмі, що дорівнює 110% номінального. Реле витримує без пошкоджень на протягом 1 с струм перевантаження 200 А.

Мінімальне значення вхідного струму реле по будь-якій з фаз, при якому світиться індикатор  $I_{вх}$ , дорівнює: 0,25 А для діапазону (1-2) А; 0,5 А для діапазону (2-4) А; 1 А для діапазону (4-8) А; 2 А для діапазону (8-16) А.

Якщо уставка струму має знаходитися в межах 1-2,27 А, необхідно підключити провідники вхідного струму до клем: 20, 24 – фази А;В, 4 – фази С. Якщо уставка струму має знаходитися в межах 2-4,54 А, необхідно підключити провідники вхідного струму до клем: 20, 23 – фази А;В, 3 – фази С. Якщо уставка струму має знаходитися в межах 4-9,08 А, необхідно підключити провідники вхідного струму до клем: 20, 22 – фази А;В, 2 – фази С.

Якщо уставка струму має знаходитися в межах 8-18,16 А, необхідно підключити провідники вхідного струму до клем: 20, 21 – фази А;В, 1 – фази С;

На рис . А.4 показана схема зовнішніх підключень реле.

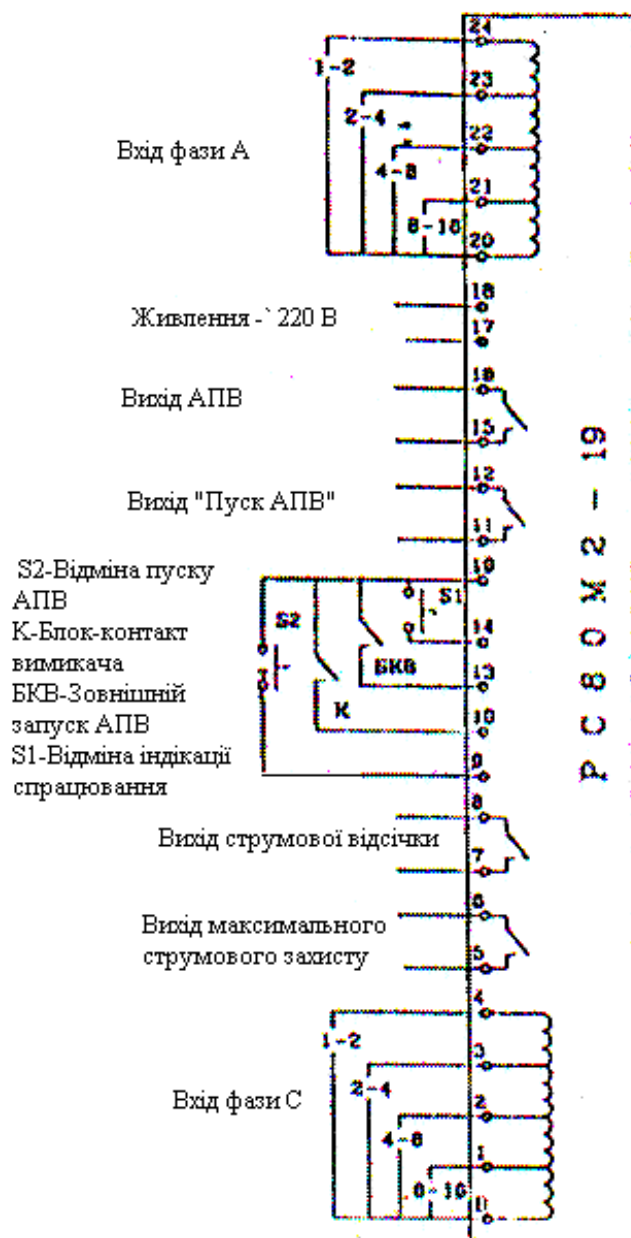


Рис. А.4 – Схема зовнішніх підключень реле РС-80

Таблиця А.5 - Технічні характеристики сигнальних реле

Тип реле	Номинальний струм, А	Опір котушки, Ом	Потужність споживання, Вт	Струм контактів А
РУ-21/0,5	0,5	0,7	0,25	2
РУ-21/1	1	0,2	0,25	2
РУ-21/2	2	0,05	0,25	2
РУ-21/4	4	0,015	0,25	2

# Типові електричні схеми захистів

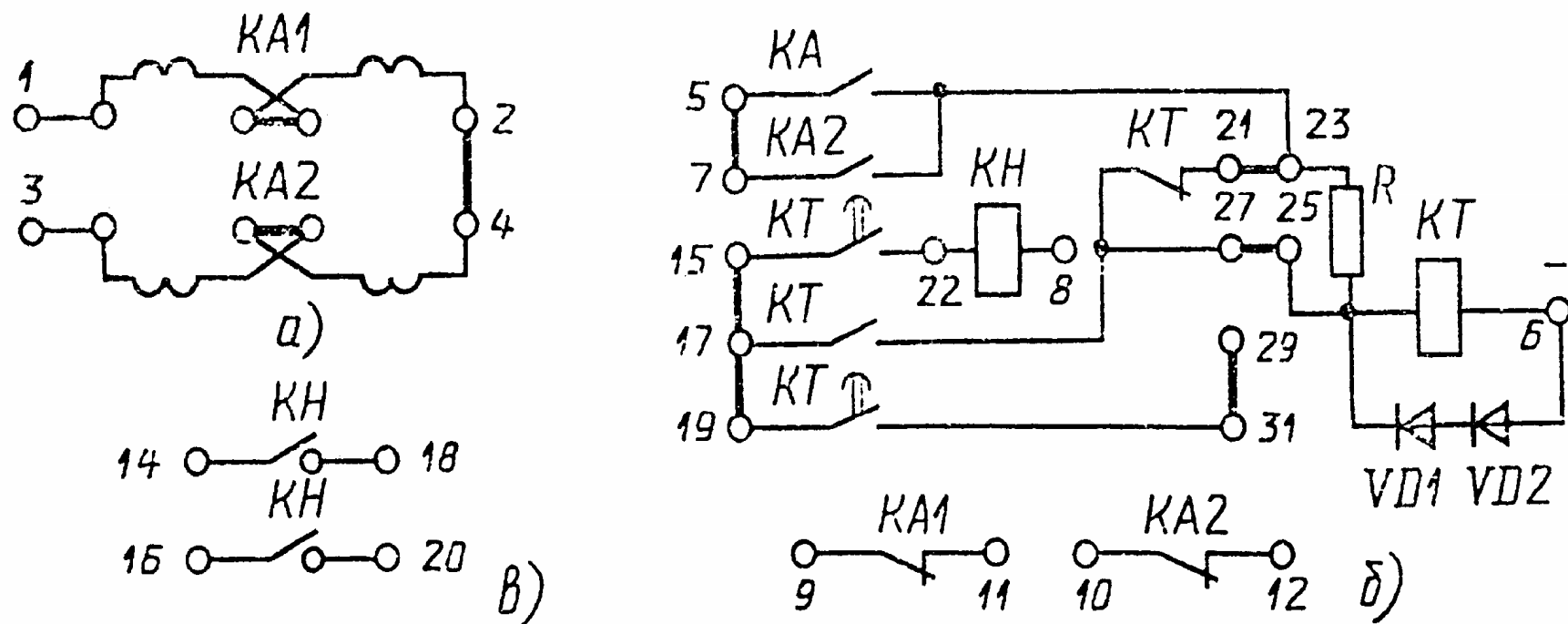


Рис. А.5 - Принципова схема комплексу захисту типу КЗ-12

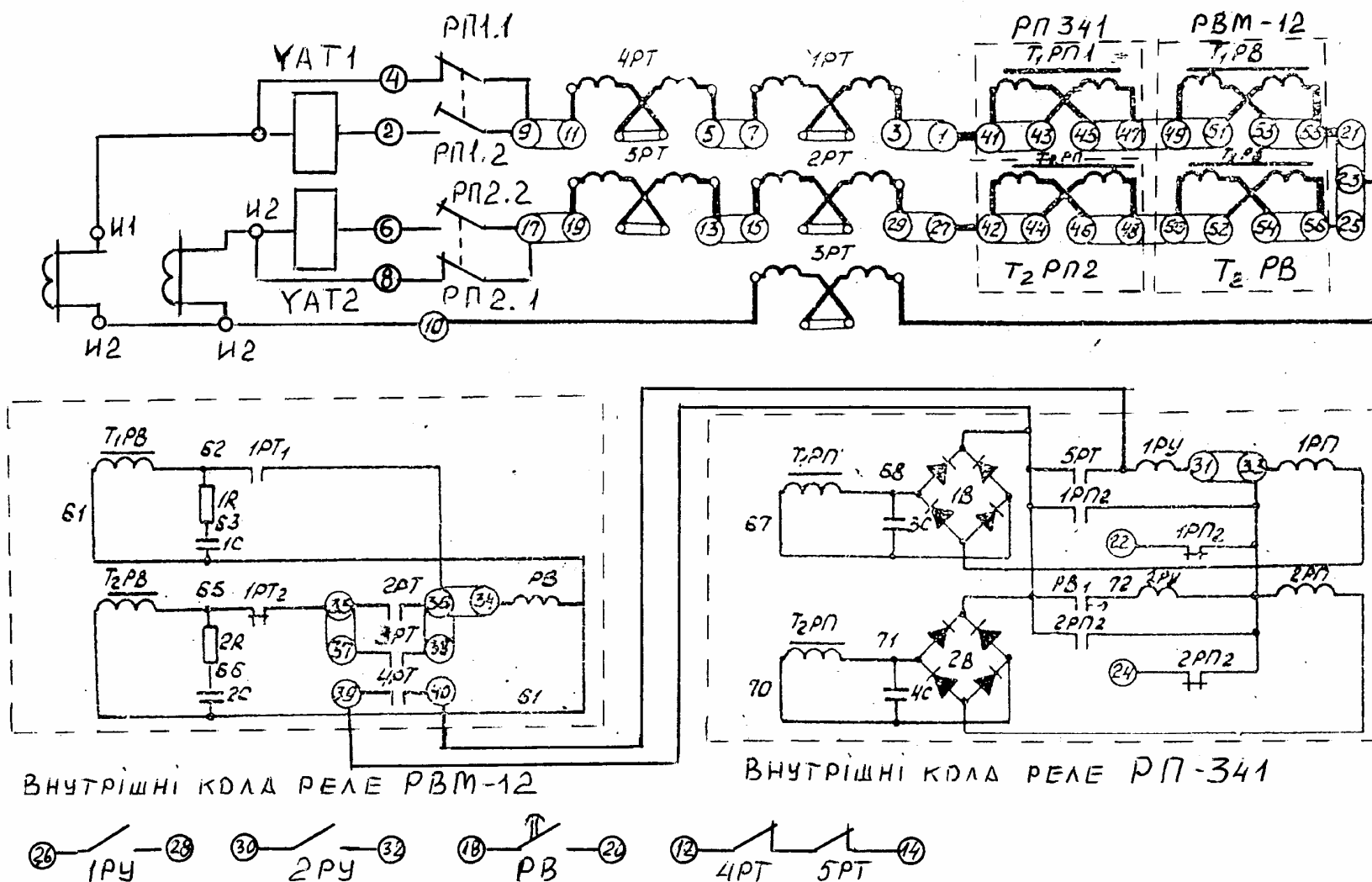


Рис. А.6 - Схема електрична принципова комплекту захисту типу КЗ-37

Рис. А.7 - Принципова схема реле типу УСЗ-212

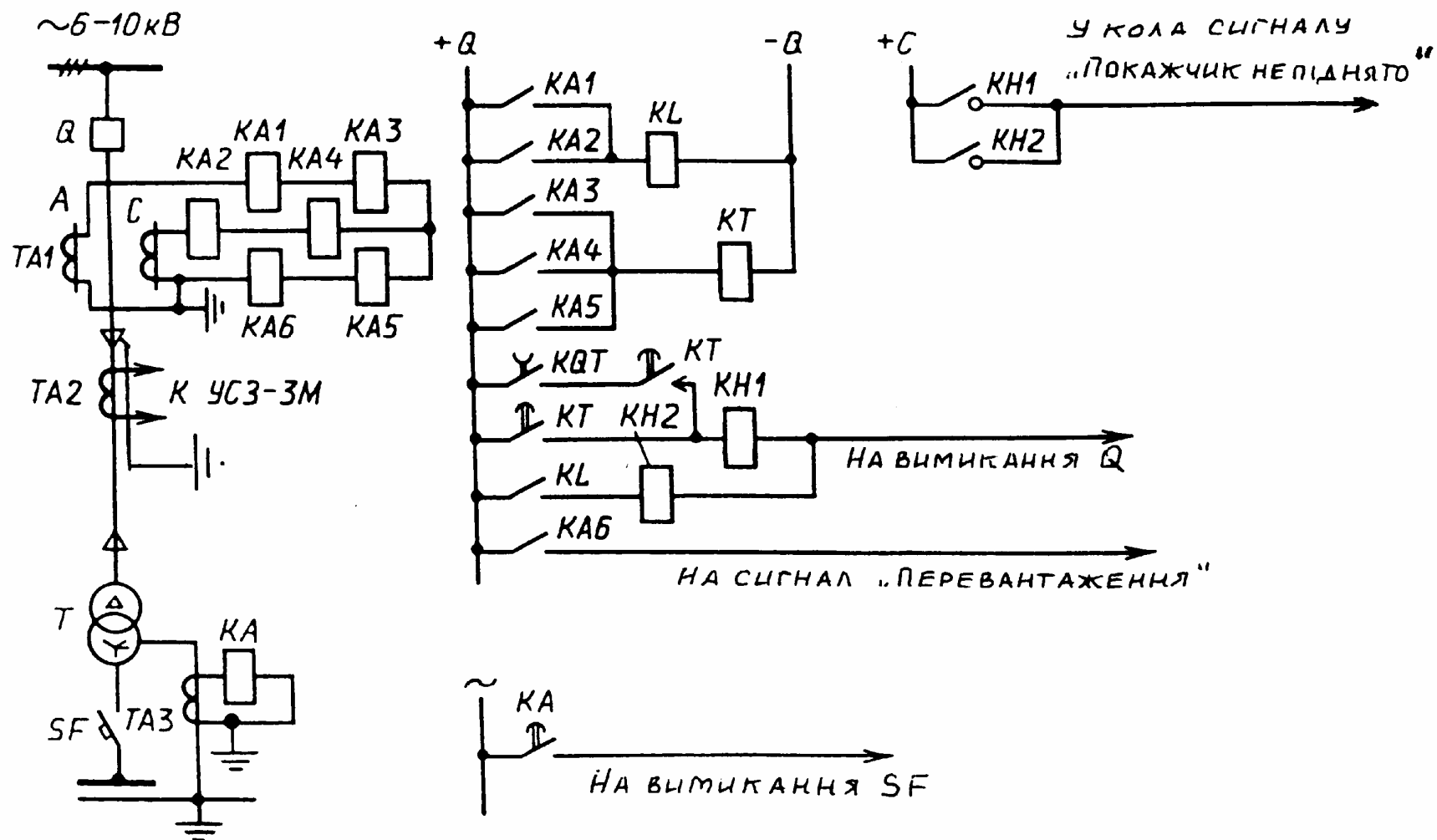


Рис. А.8 - Типова схема релейного захисту лінії



Форма титульного листа курсової роботи

Міністерство освіти і науки України  
Харківська національна академія міського господарства

Факультет електропостачання і освітлення міст

*Кафедра електропостачання міст*

**КУРСОВА РОБОТА**  
на тему « Диференціальний захист трансформатора на  
реле РНТ-565»

Виконавець проекту  
студент групи ЕСЕ 5

Остапчук Г. П.

Керівник проекту  
доцент кафедри ЕМ

Ковальов В.М.

Дата видачі завдання

12. 03. 2009 р.

Дата захисту проекту

25.05. 2009 р.

Оцінка студенту  
за виконання проекту

ВІДМІННО

**2009**

## Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Релейний захист та автоматика» ( для студентів 4 курсу денної та 4,5 курсів заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання» та 6.050701 – « Електротехніка та електротехнології»)

Укладач: Віктор Миколайович Ковальов

Редактор: М.З. Аляб'єв

План 2008, поз. 7М

Підп. до друку 19.08.2008 р.	Формат 60*84 1/16	Папір офісний
Друк на різнографі	Умовн.-друк. арк. 1,9	Обл.- вид. арк. 2,4
Замовл. № _____	Тираж 120 прим.	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції,12

---

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

---

61002, Харків, вул. Революції,12.